

# Klimawandel in Bayern – Aktueller Stand und zukünftige Entwicklung

Martin Dameris

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt  
Institut für Physik der Atmosphäre, Oberpfaffenhofen

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)  
Institut für Physik der Atmosphäre (IPA) | Oberpfaffenhofen | 82234 Wessling

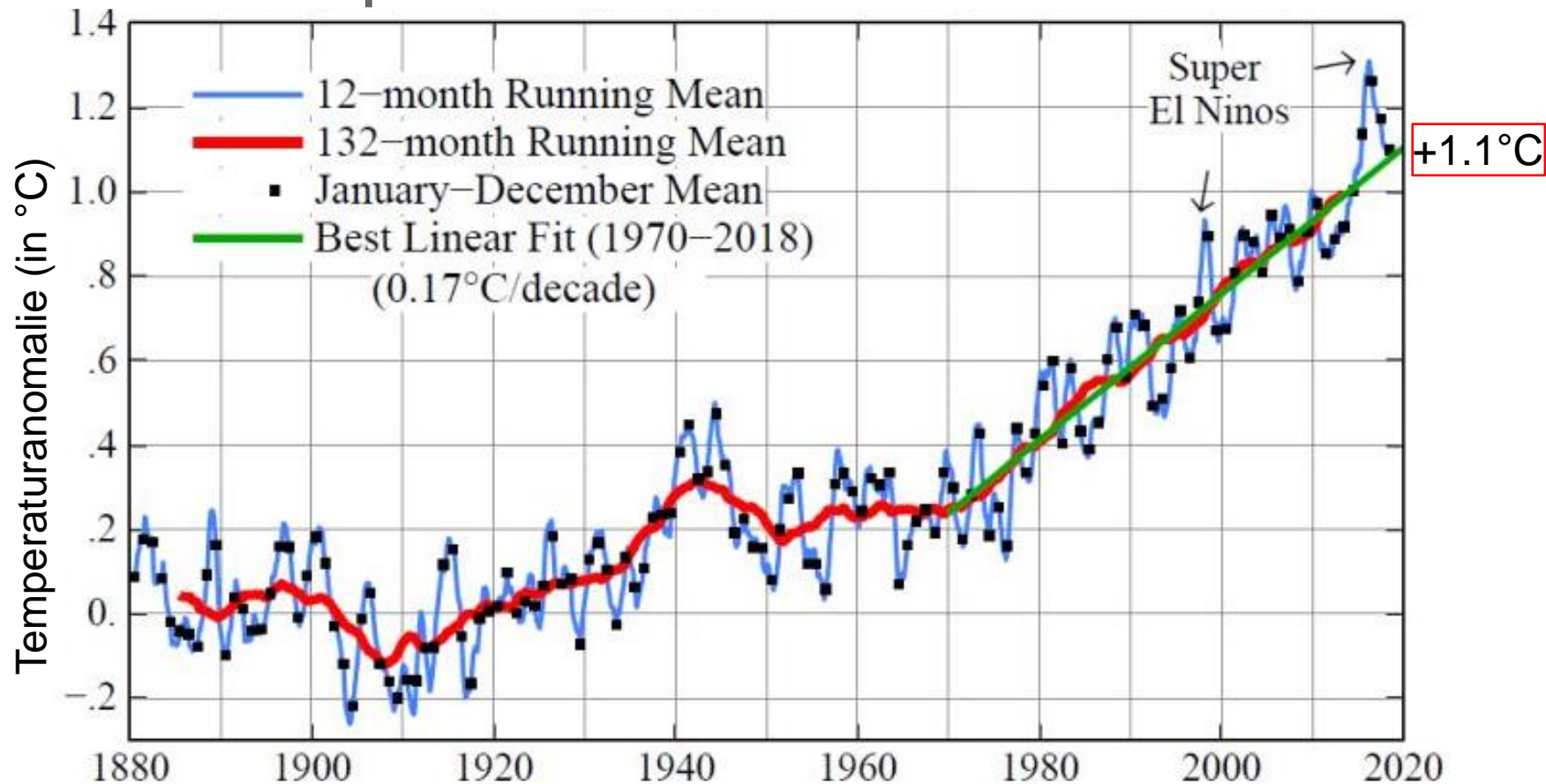
Prof. Dr. **Martin Dameris** | Seniorwissenschaftler  
Telefon +49 8153 28-1558 | Telefax +49 8153 28-1841 | [martin.dameris@dlr.de](mailto:martin.dameris@dlr.de)  
[www.dlr.de/ipa](http://www.dlr.de/ipa) | [www.pa.op.dlr.de/~MartinDameris](http://www.pa.op.dlr.de/~MartinDameris)



Knowledge for Tomorrow



# Globale Bodentemperatur relativ zu dem Mittelwert von 1880 - 1920



More detail is available at

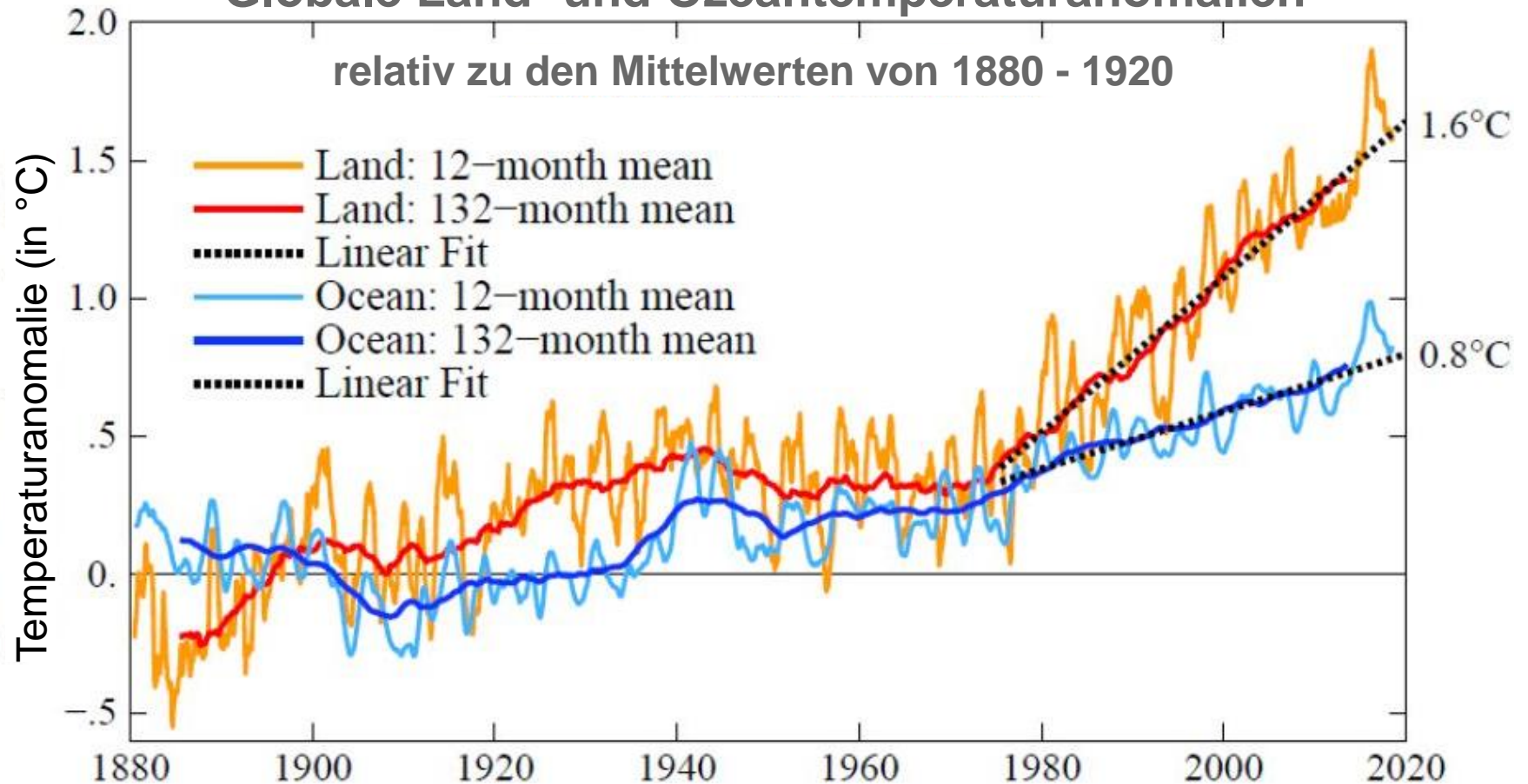
<http://data.giss.nasa.gov/gistemp/> and

<http://www.columbia.edu/~mhs119/Temperature>

Hansen et al., 2019



# Globale Land- und Ozeantemperaturanomalien



More detail is available at

<http://data.giss.nasa.gov/gistemp/> and

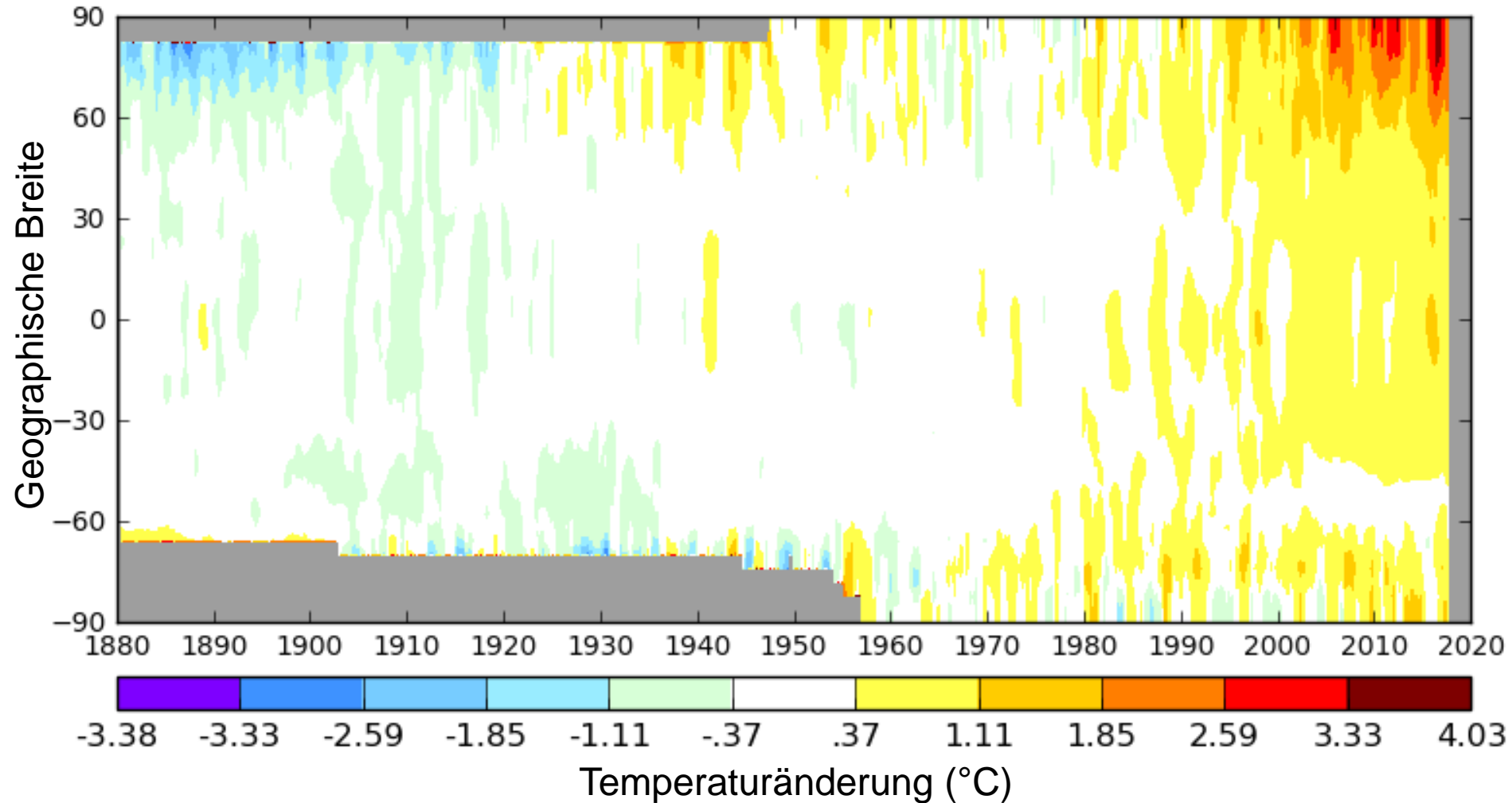
<http://www.columbia.edu/~mhs119/Temperature>

Hansen et al., 2019



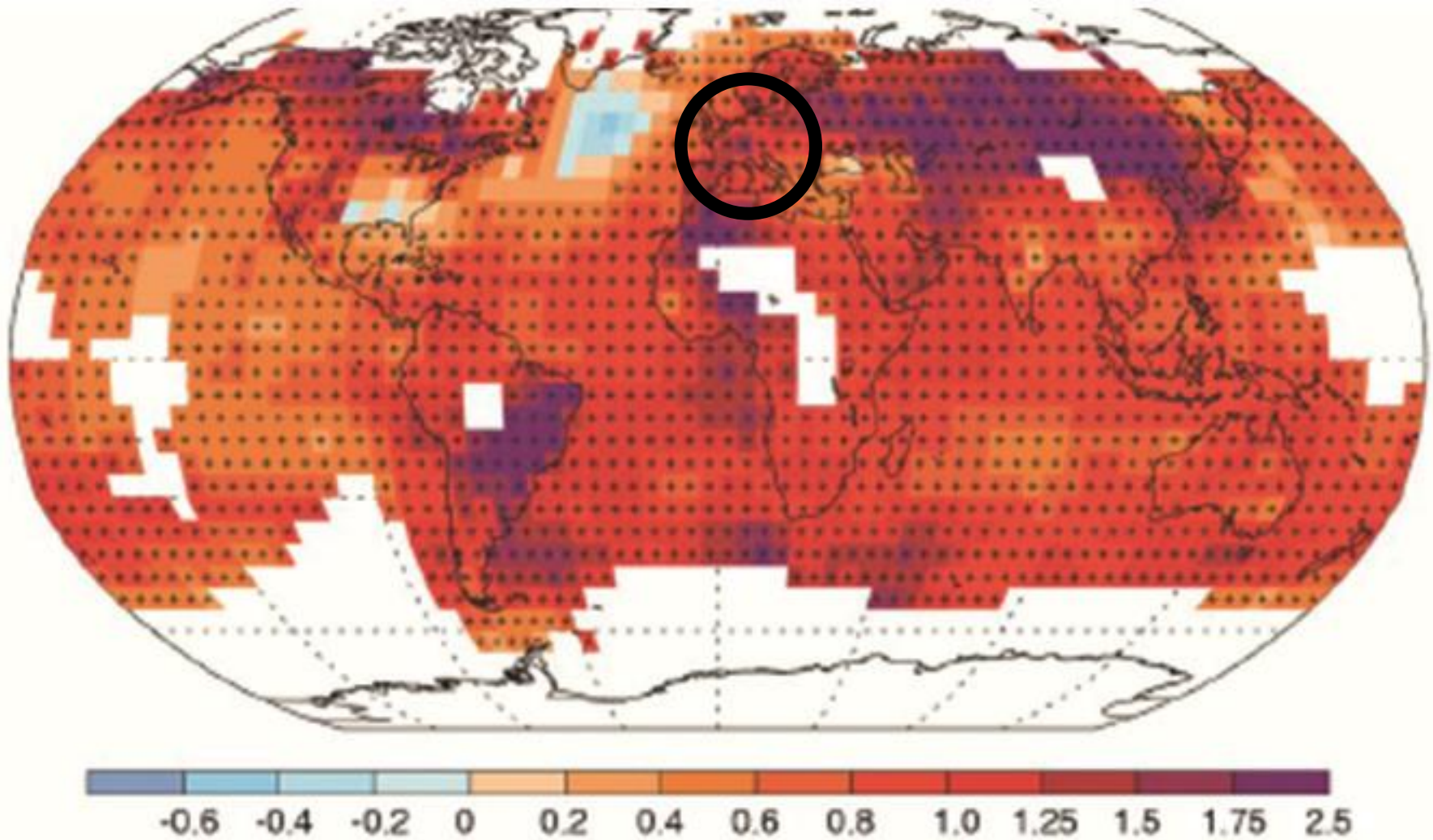
# Entwicklung der Bodentemperatur seit 1880

## Weltweit (bezogen auf 1951-1980)





# Regionale Temperaturtrends 1901-2012



in °C / Jahrhundert

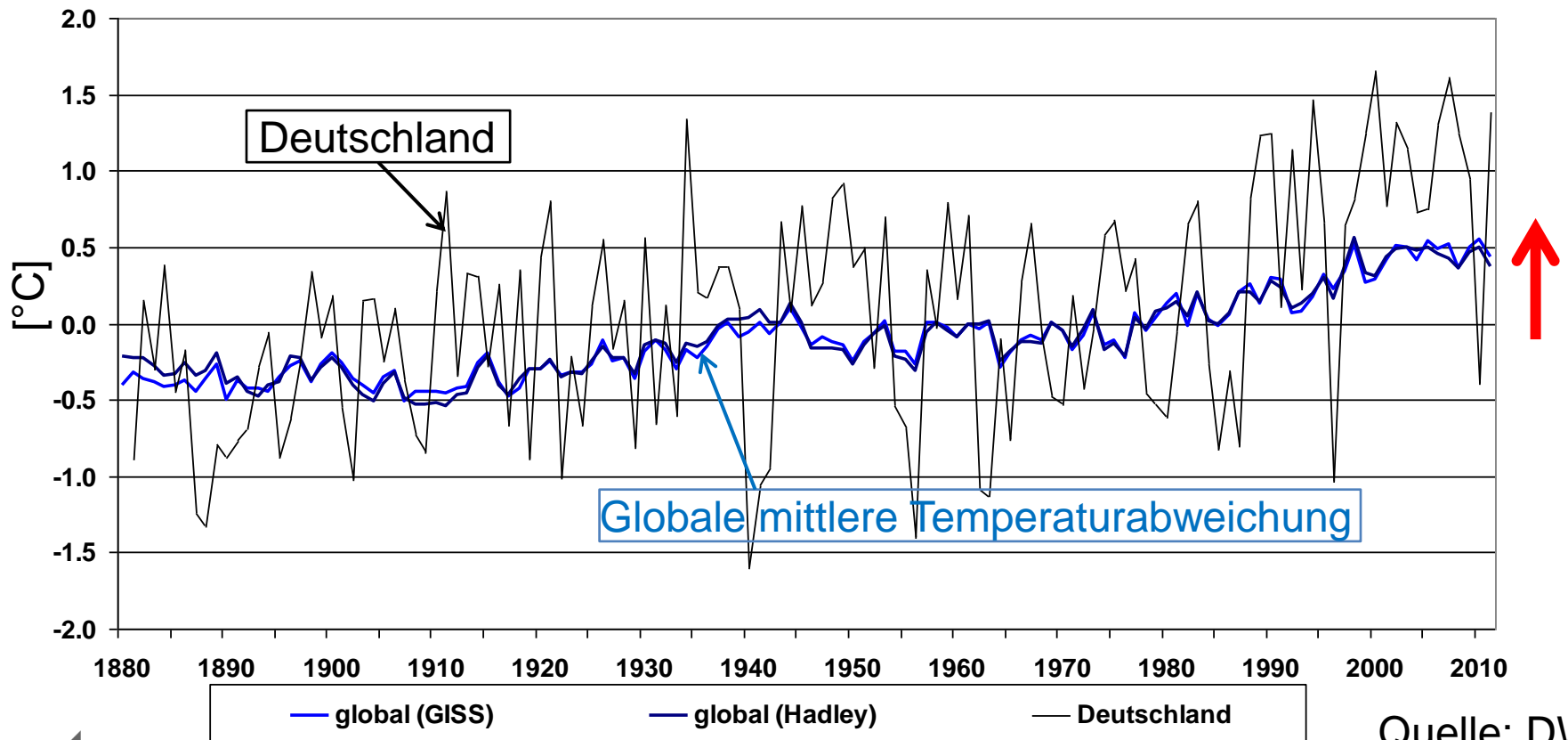
IPCC, 2013



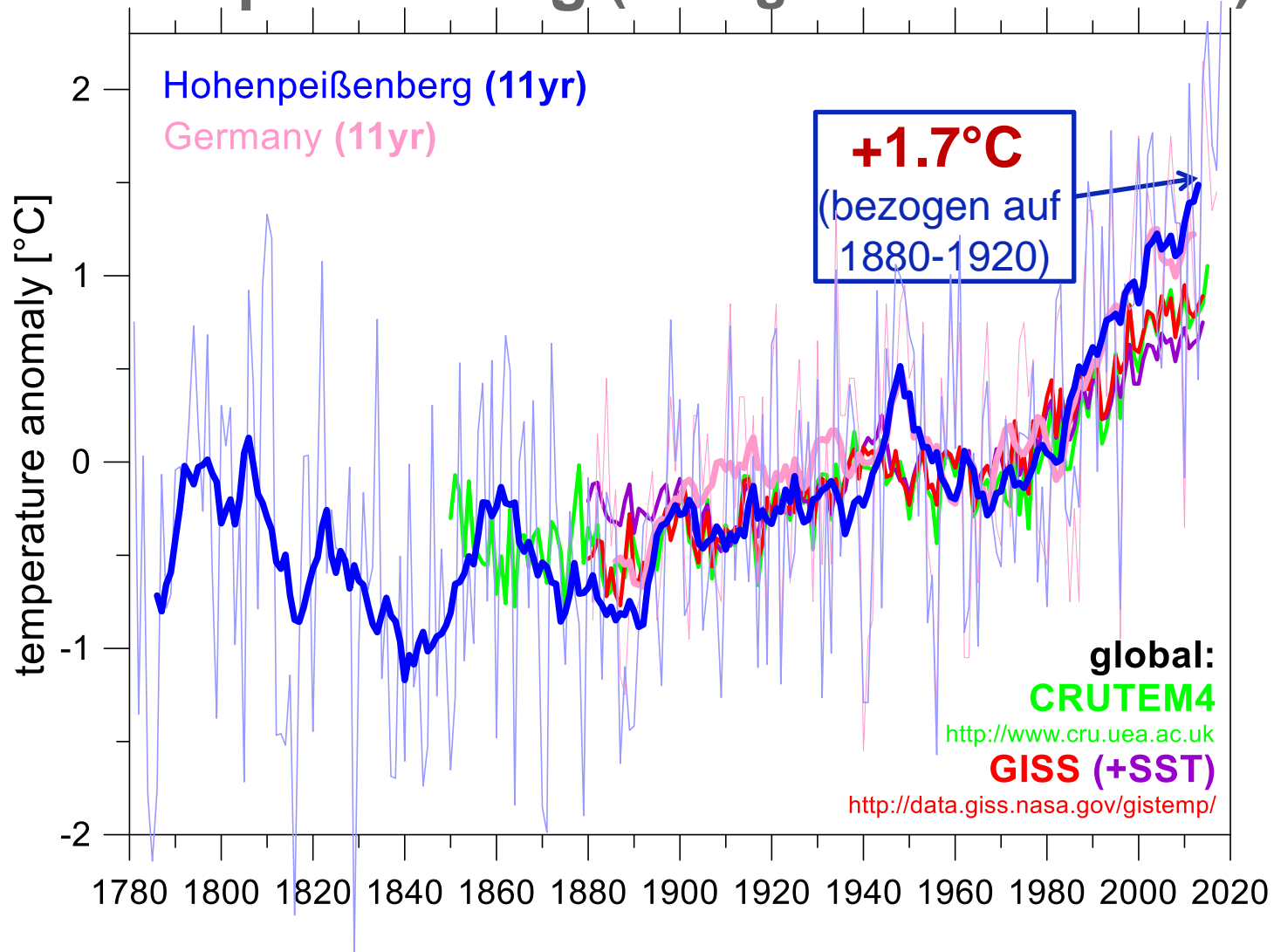
# Entwicklung der Bodentemperatur seit 1880

## Weltweit und in Deutschland

Abweichung des Jahresmittels der Temperatur  
vom Mittel der Periode 1961-90 im globalen Durchschnitt  
(Hadley Centre CRUT3v und NASA (GISS))  
sowie in Deutschland

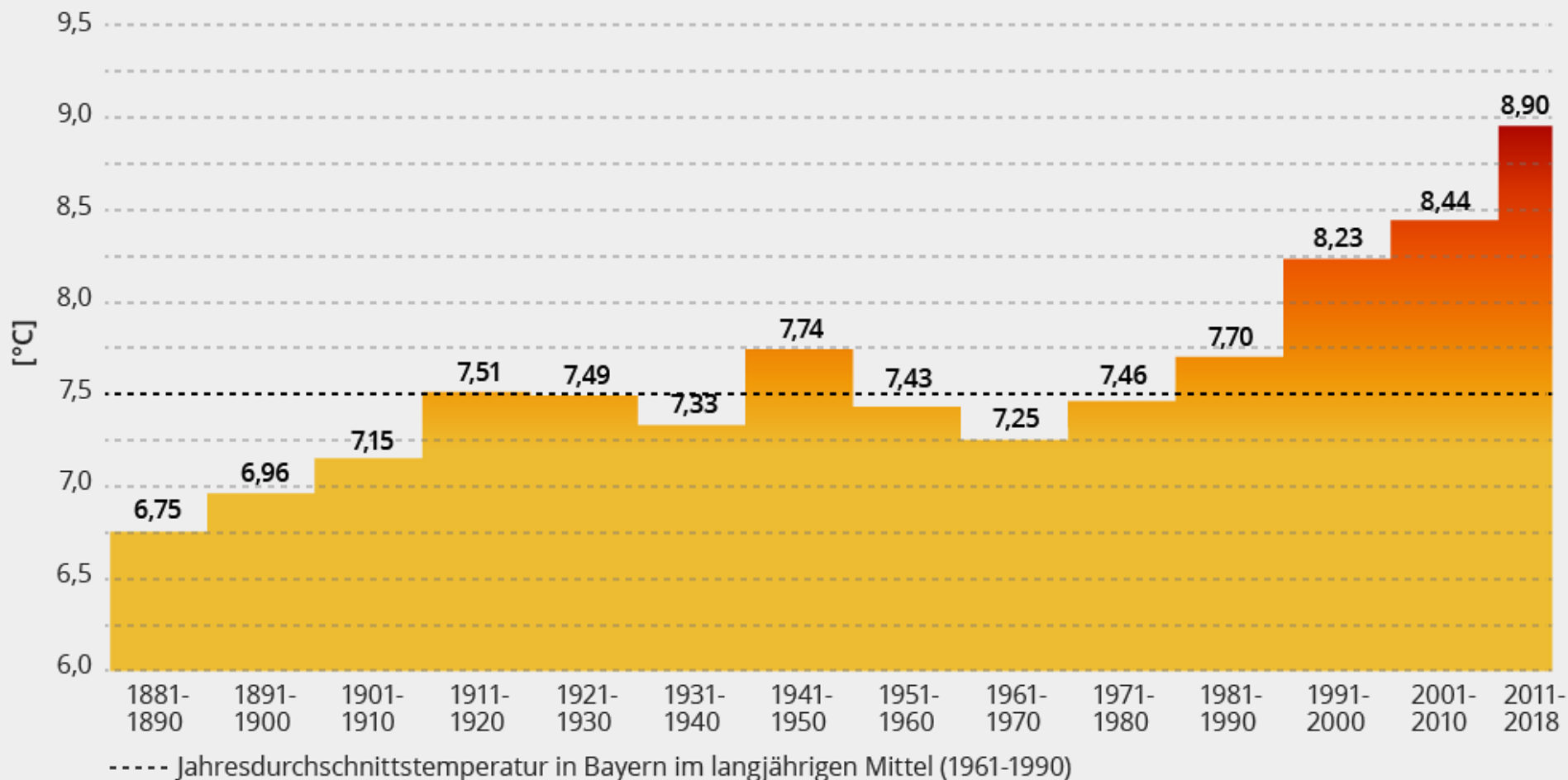


# Entwicklung der Bodentemperatur seit 1781 am Hohenpeißenberg (bezogen auf 1880-1920)



# Temperaturentwicklung in Bayern

10-Jahres-Mittelwerte der Jahresdurchschnittstemperaturen für Bayern

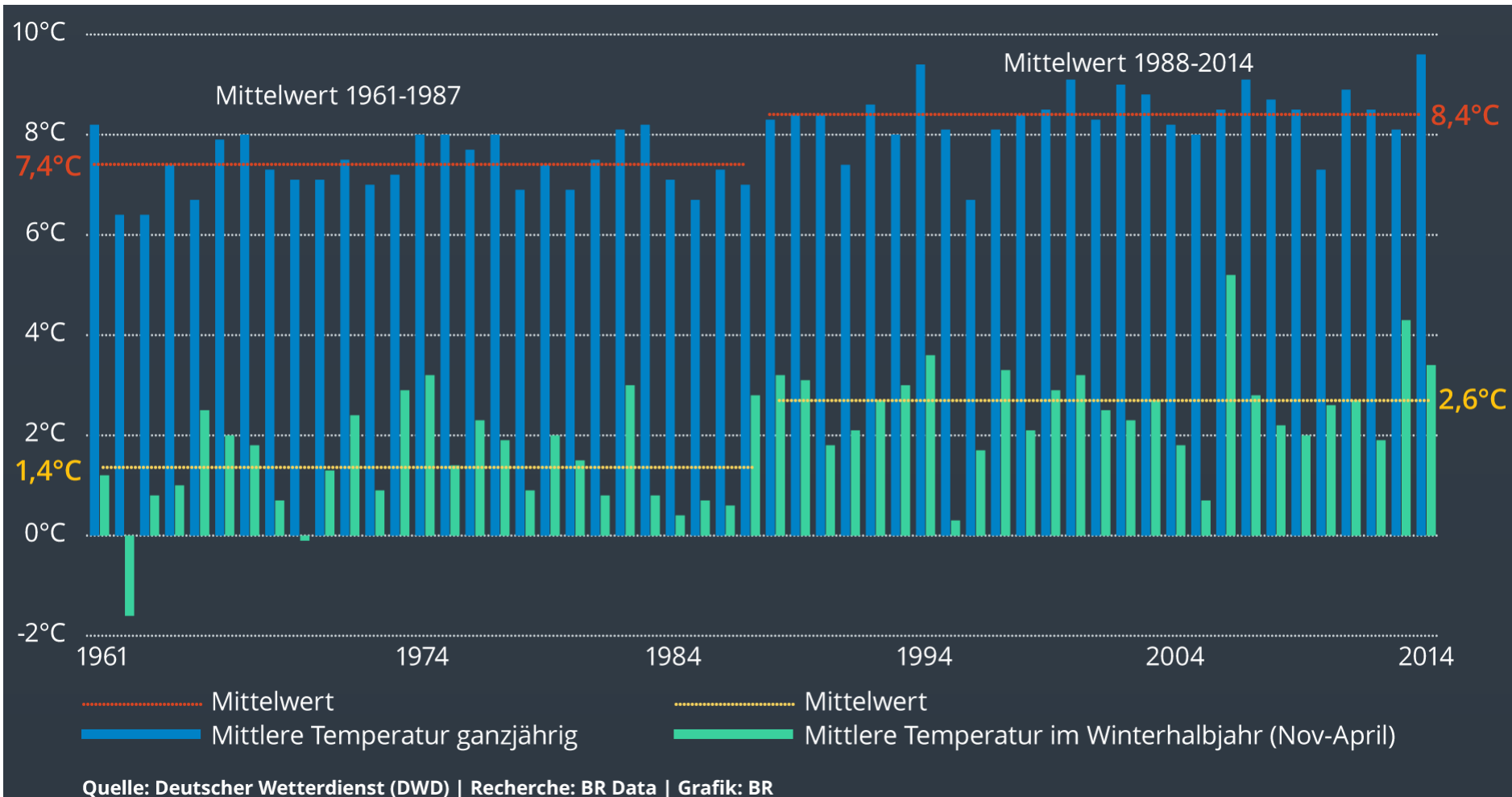


Quelle: DWD | Grafik: BR





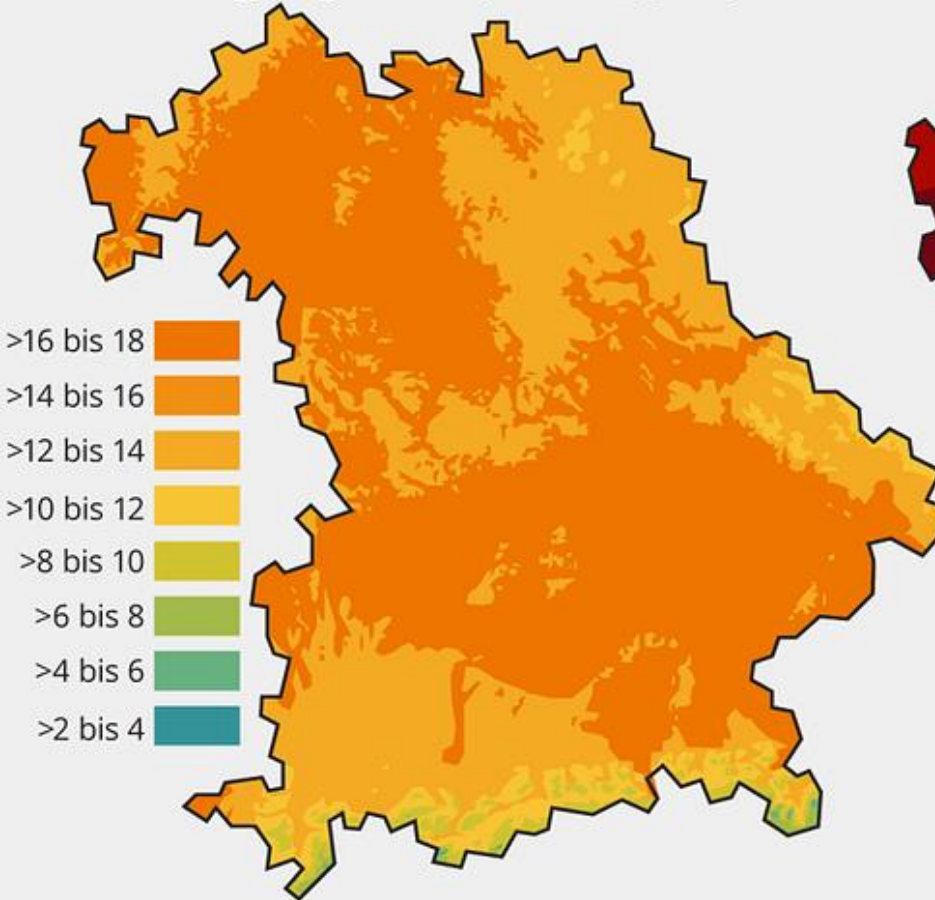
# Temperaturentwicklung in Bayern (1961-2014)



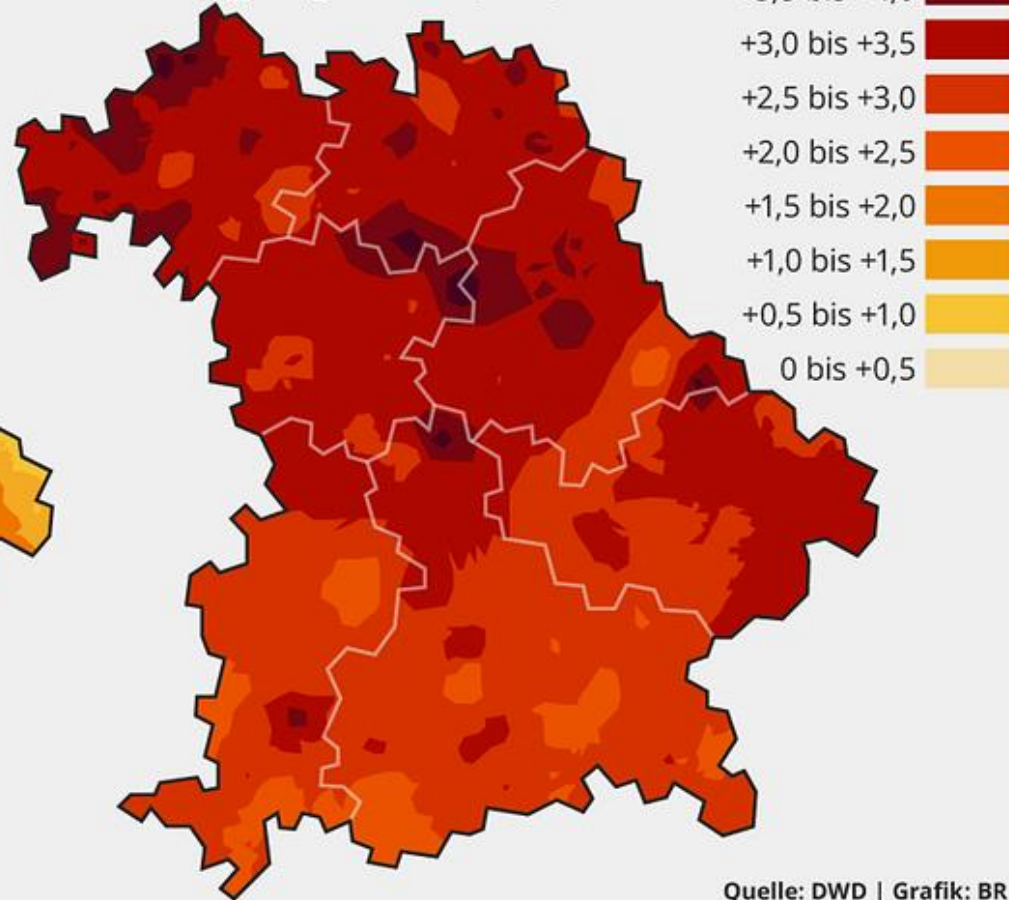
# Klimawandel in Bayern

Temperaturen in Bayern im Sommer 2018 | Durchschnitt im Vergleich zum langjährigen Mittel 1961-1990

Durchschnitt im Sommer (Juni-August)  
im langjährigen Mittel (1961-1990) [in °C]



Abweichung im Sommer 2018 vom  
langjährigen Mittel [in °C]



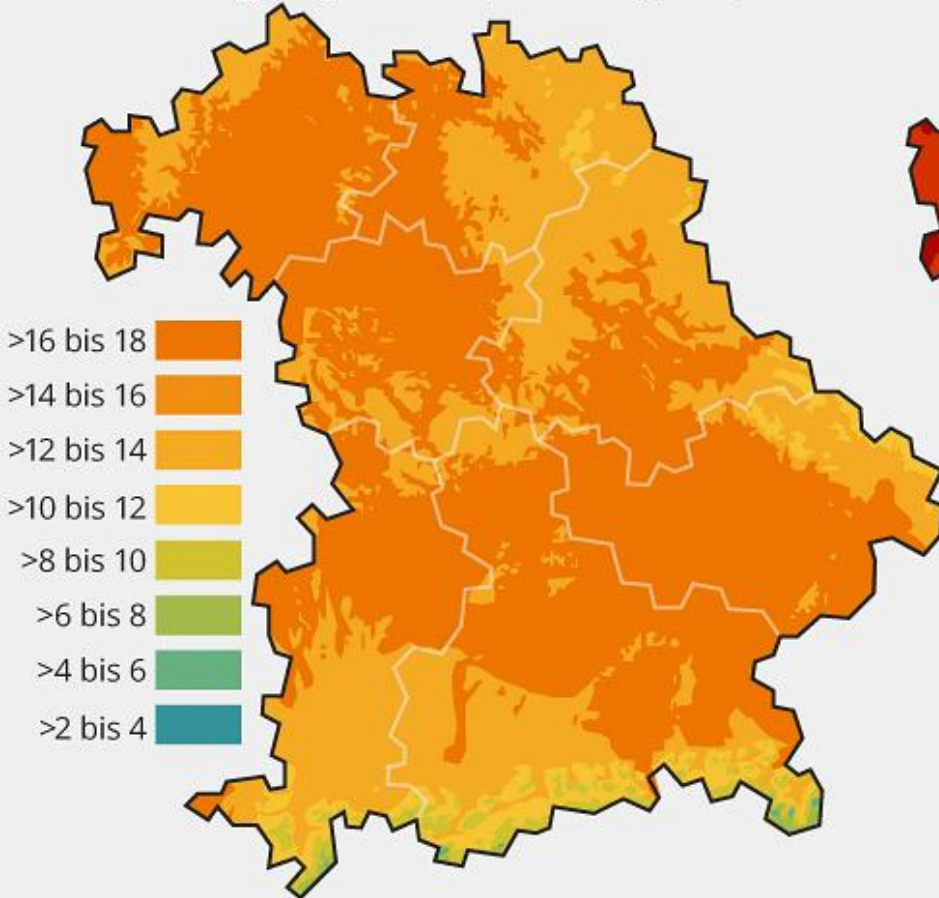
Quelle: DWD | Grafik: BR



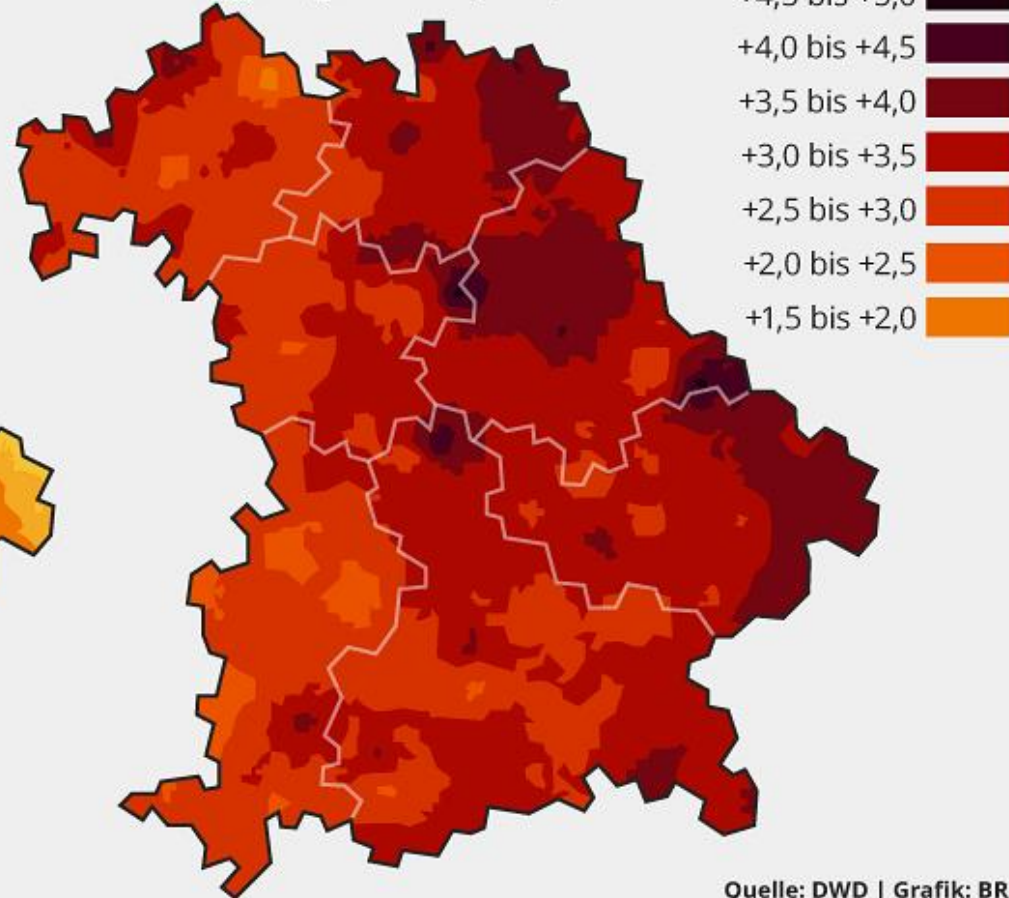
# Klimawandel in Bayern

Temperaturen in Bayern im Sommer 2019 | Durchschnitt im Vergleich zum langjährigen Mittel 1961-1990

Durchschnitt im Sommer (Juni-August)  
im langjährigen Mittel (1961-1990) [in °C]



Abweichung im Sommer 2019 vom  
langjährigen Mittel [in °C]



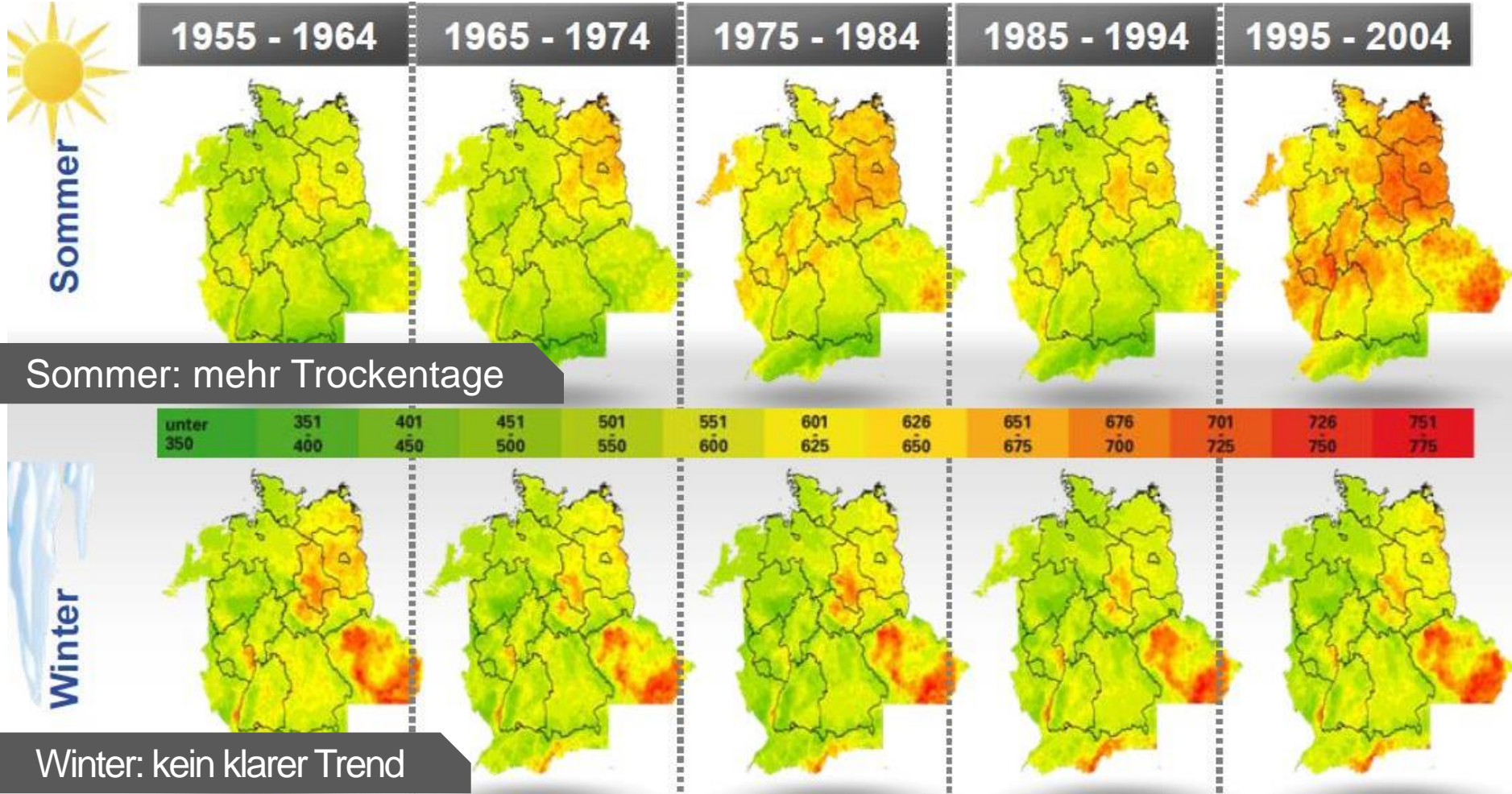
Quelle: DWD | Grafik: BR





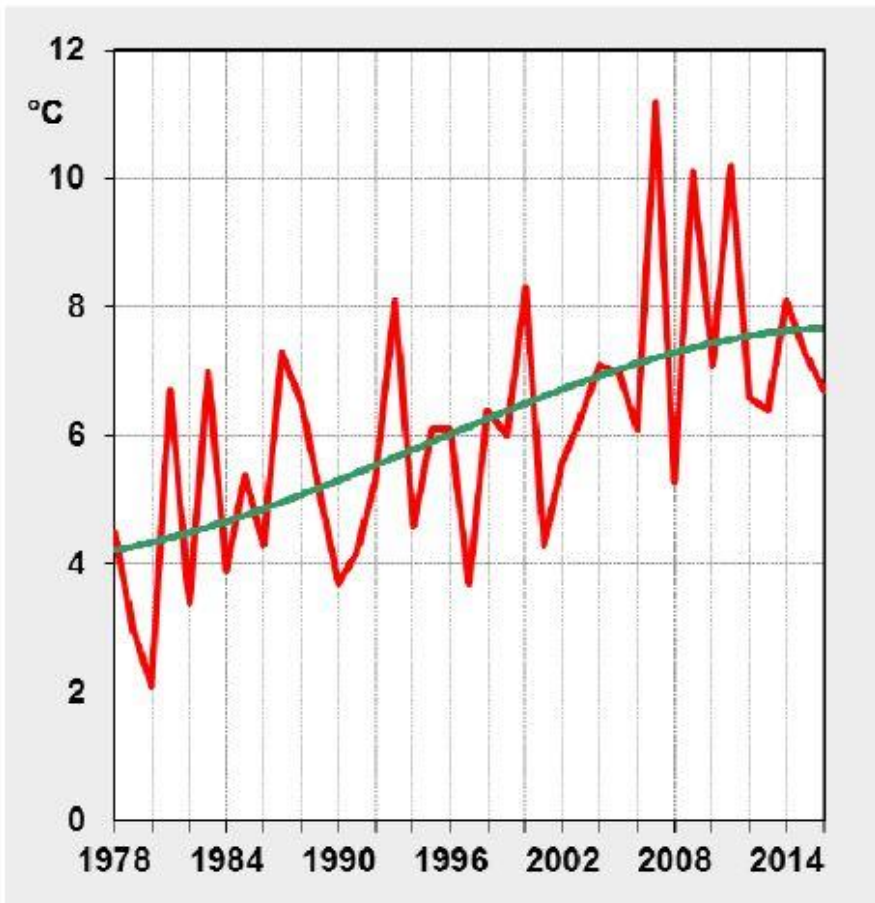
# Trockentage

Anzahl der Trockentage mit weniger als 1 mm Niederschlag für 10-jährige Zeiträume

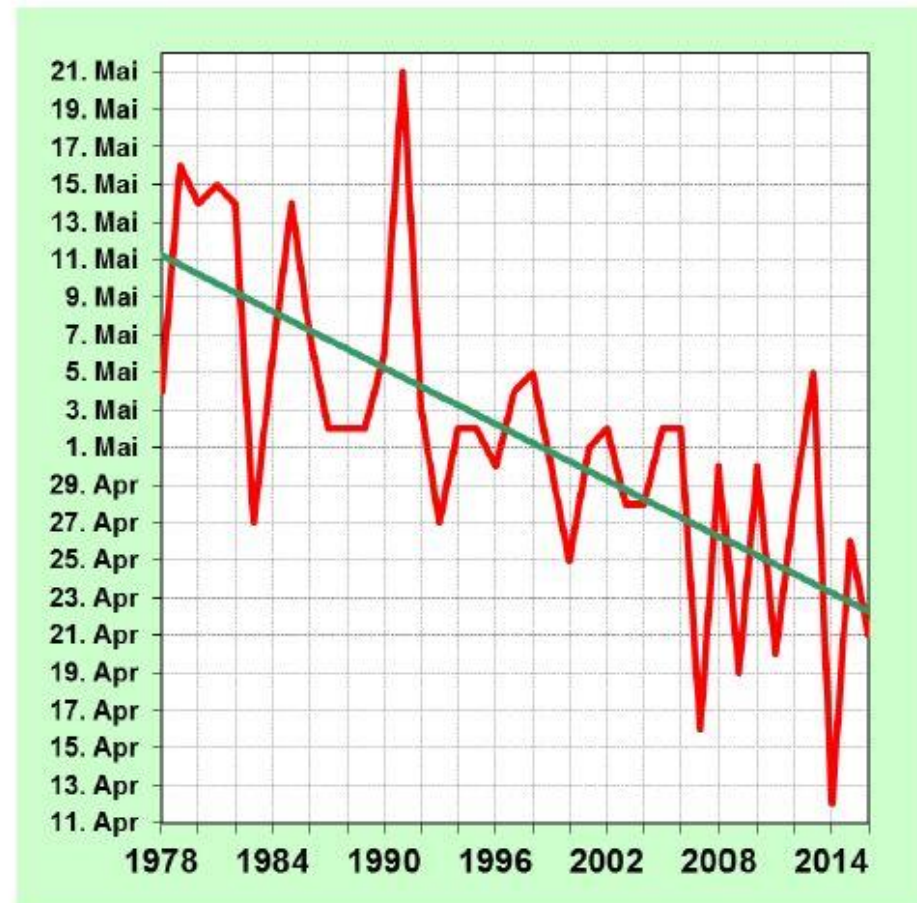




# Der Frühling kommt immer früher!



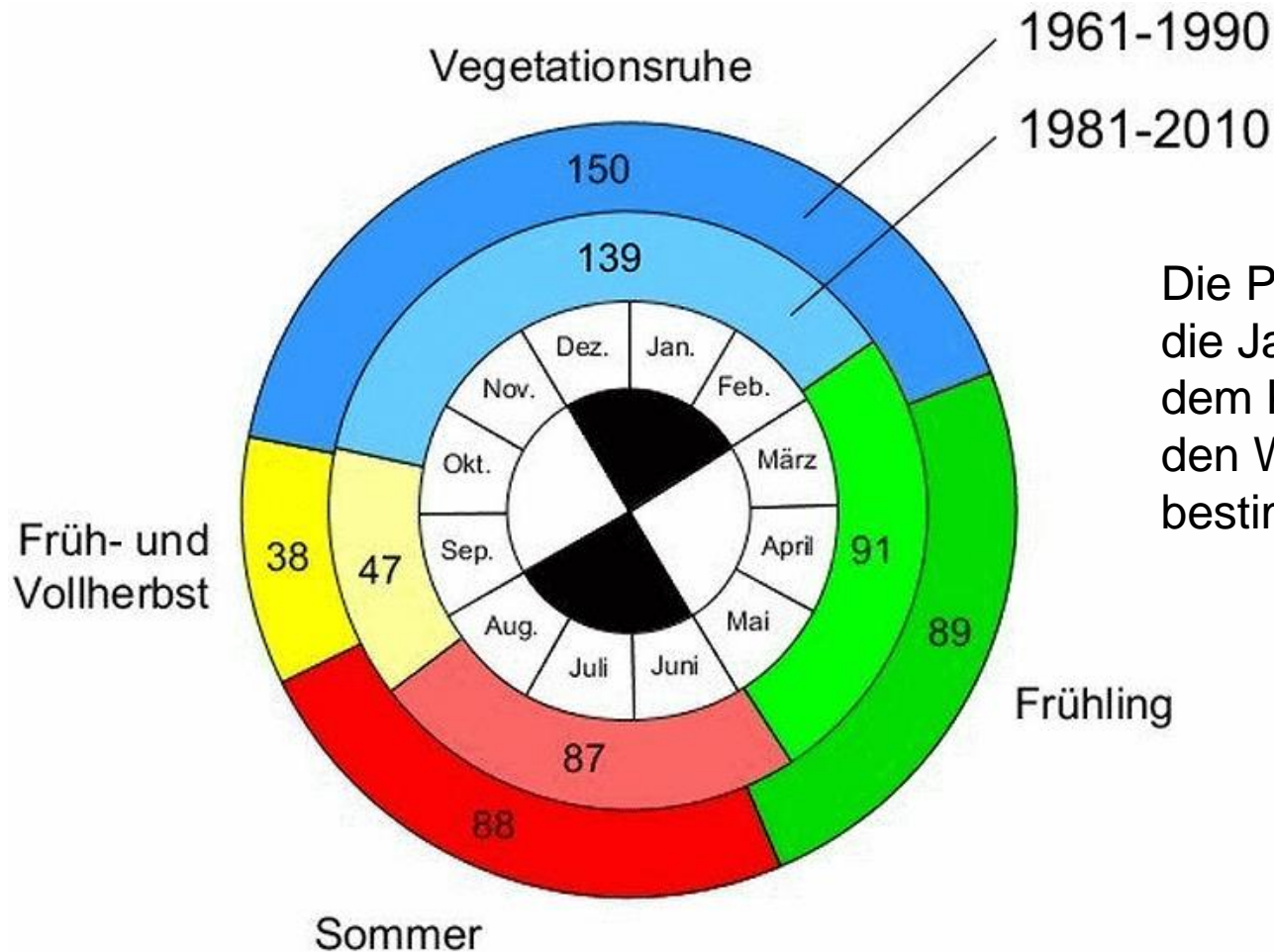
**Abb. 1:** Monatsmittelwerte der Temperatur im April am Hohenpeißenberg



**Abb. 2:** Zeitpunkt der Blattentfaltung der Rotbuche im Frühjahr am Hohenpeißenberg



# Pflanzenphänologie und Klimawandel in Bayern



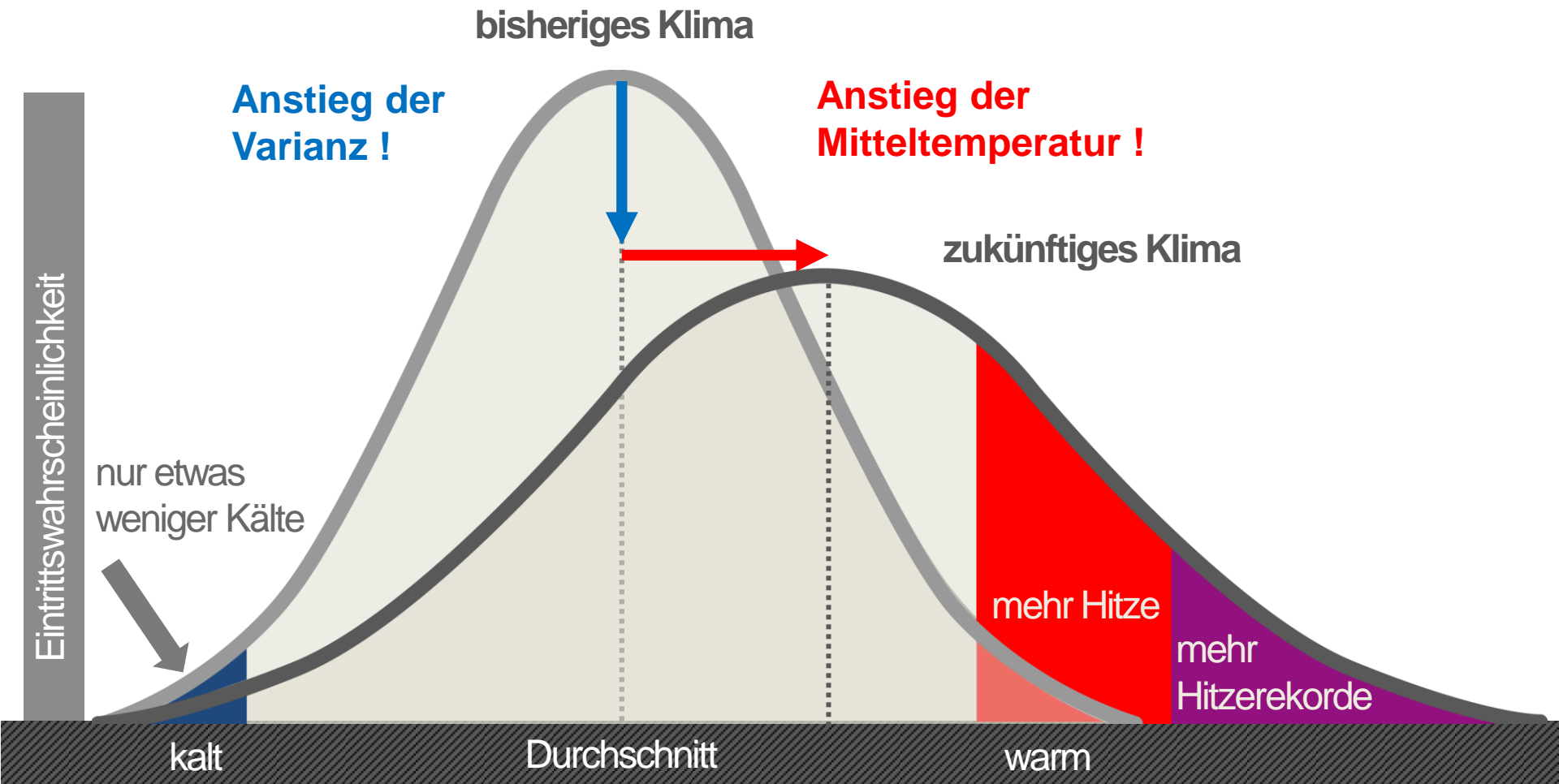
Die Phänologie beschreibt die Jahreszeiten nicht nach dem Kalender, sondern nach den Wachstumsphasen bestimmter Pflanzen.

Die phänologische Uhr veranschaulicht die Änderungen der phänologischen Jahreszeiten

Deutscher Wetterdienst mit dem Bayerisches Landesamt für Umwelt

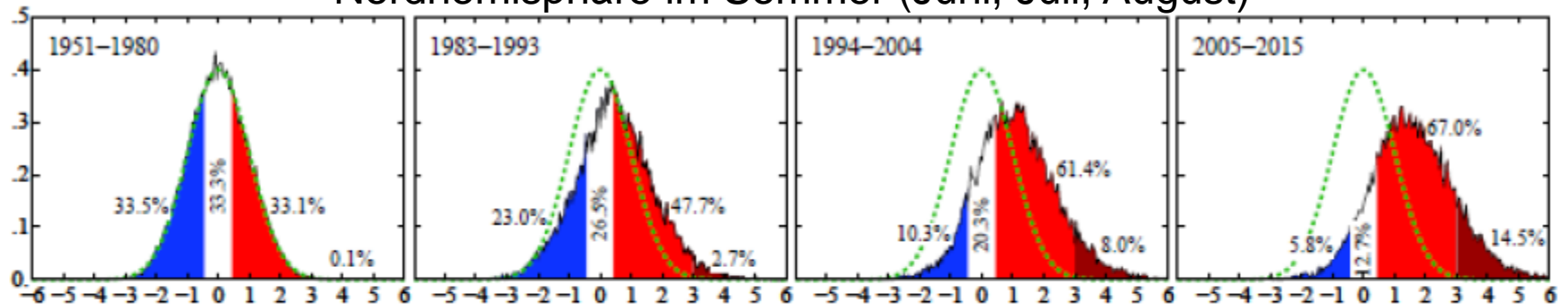


# Wetterkatastrophen – Tendenz zunehmend?

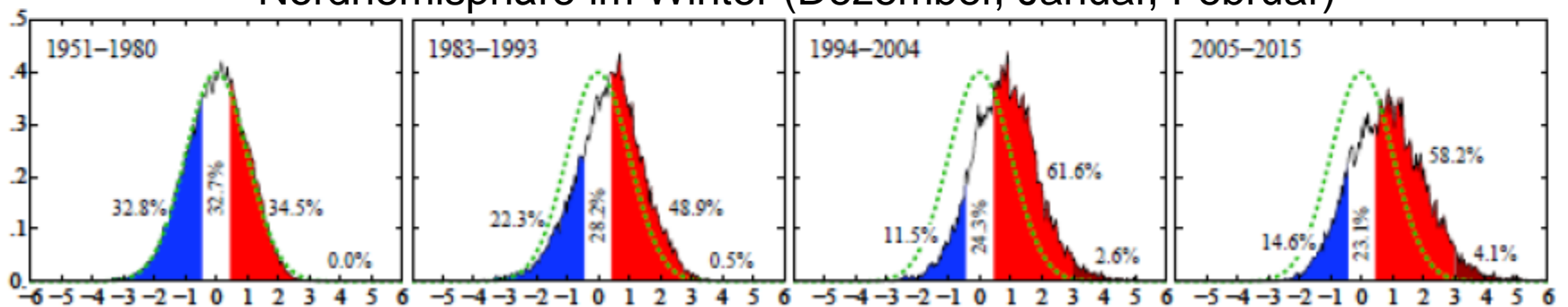


# Auftrittswahrscheinlichkeit von Temperaturanomalien

Nordhemisphäre im Sommer (Juni, Juli, August)



Nordhemisphäre im Winter (Dezember, Januar, Februar)



Hansen et al., 2016





# Die Folgen des Klimawandels bei uns!

- **IPCC:** *"Einige Regionen und Ökosysteme werden besonders betroffen sein, u. a. **alpine Ökosysteme**."*
- Mit jedem Höhenmeter ändert sich das Klima in den Bergen.
  - Pro 100 Höhenmeter sinkt die mittlere Jahrestemperatur um etwa 0,5°C.
- Daraus folgt, dass kleine Temperaturänderungen große Auswirkungen auf die Überlebensqualität von Pflanzen und Tieren haben.
- Die Alpen sind eine Art Vergrößerungsglas für die Folgen des Klimawandels!

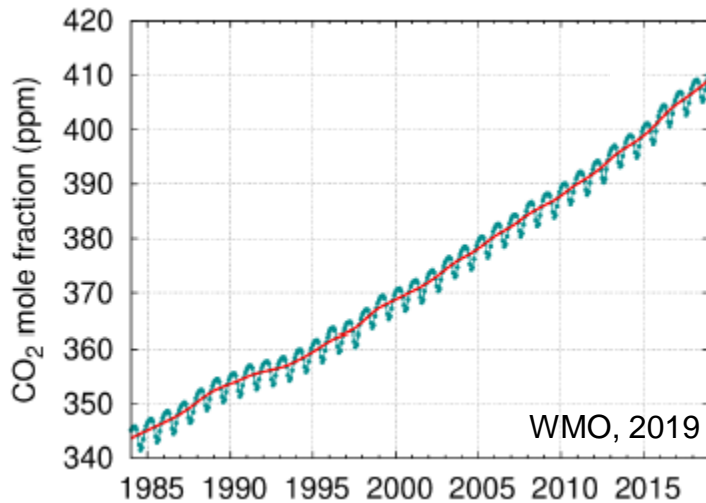


# Die Folgen des Klimawandels bei uns!

- **IPCC:** *"Einige Regionen und Ökosysteme werden besonders betroffen sein, u. a. **alpine Ökosysteme.**"*
- ☹ Die Böden im Gebirge werden instabiler, das Risiko von Felsstürzen steigt (Auftauen von Permafrostböden).
- ☹ Längere Trockenperioden: Folgen für den Wasserhaushalt.
- ☹ Die Schneebedeckung sinkt in den Frühlingsmonaten.
- ☹ Gletscher verschwinden: Wasserverfügbarkeit und damit die Trinkwasserversorgung sind beeinflusst.
- ☹ Erwärmungen von Gewässern verändern die Wasserqualität.
- ☹ Veränderung der Vegetationsperiode werden beobachtet.
- ☹ Verbreitungsgebiete von Pflanzen und Tierarten verändern sich.
- ☹ Pflanzen können verdrängt werden und Tierarten können aussterben.
- ☹ Störungen in der Nahrungskette treten auf.



# CO<sub>2</sub>-Mischungsverhältnis

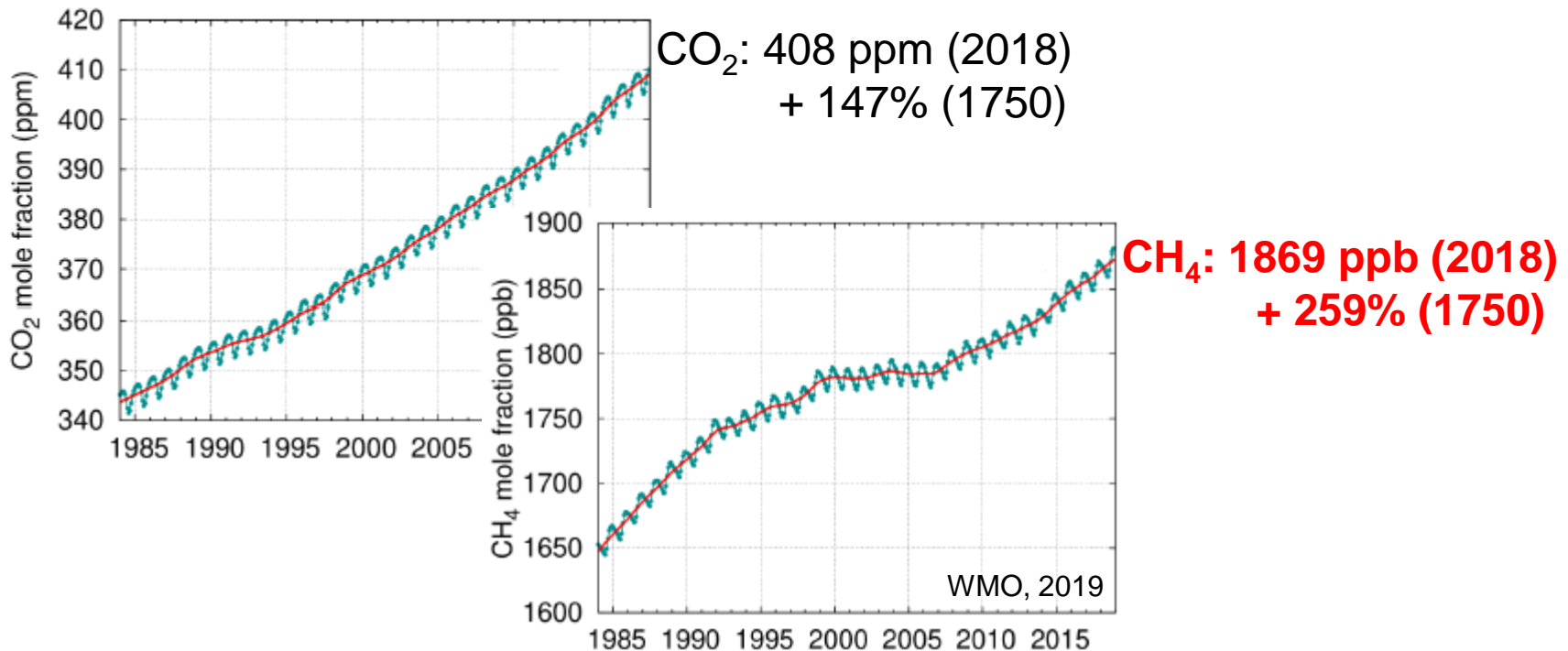


**CO<sub>2</sub>: 408 ppm (2018)**  
**+ 147% (1750)**

**ppm: parts per million** (wörtlich übersetzt „Anteile pro Million“).  $1\text{ppm} = 1 \cdot 10^{-6}$   
**ppb: parts per billion** (wörtlich übersetzt „Anteile pro Milliarde“).  $1\text{ppb} = 1 \cdot 10^{-9}$



# CH<sub>4</sub>-Mischungsverhältnis

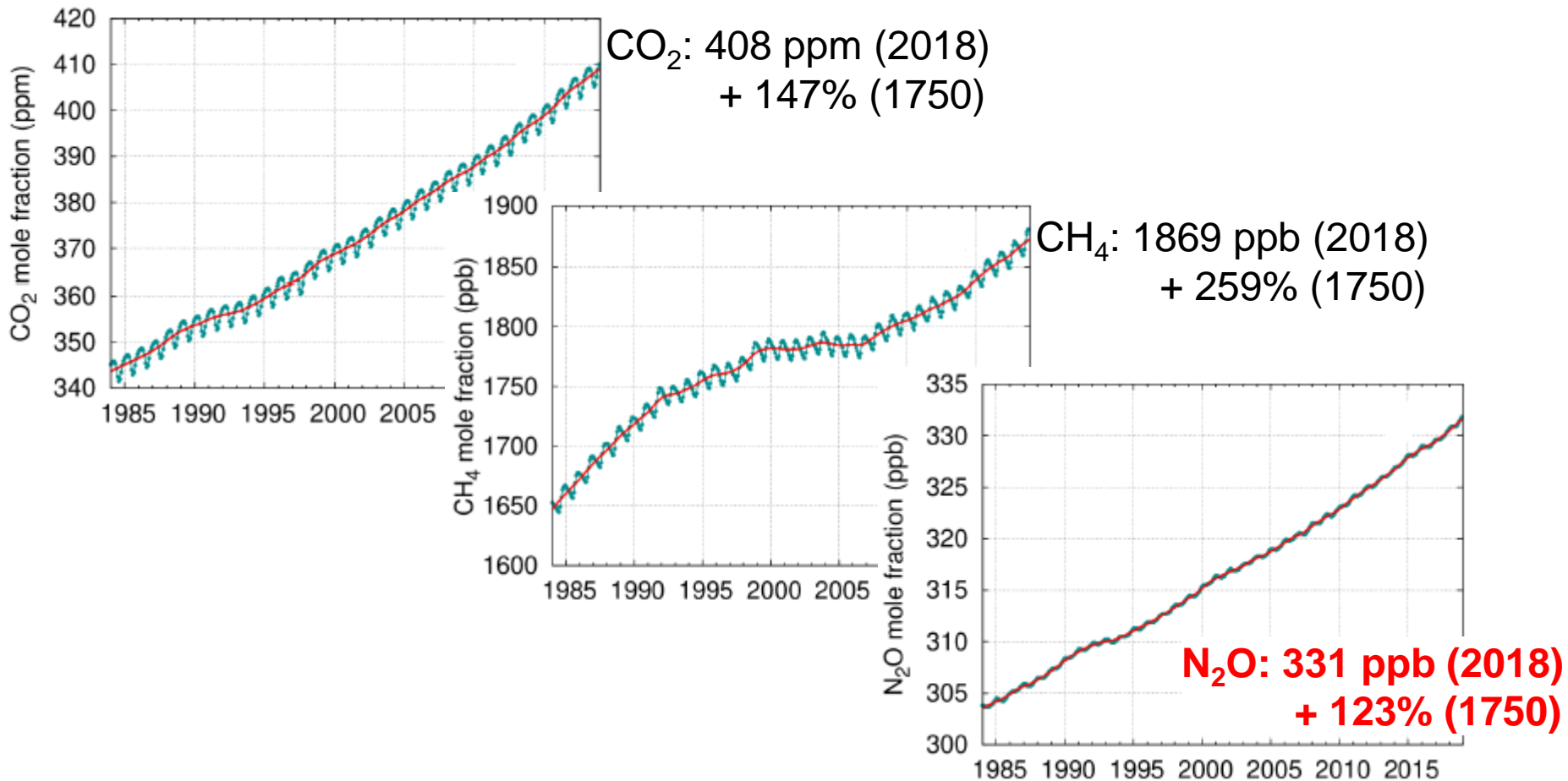


**ppm: parts per million** (wörtlich übersetzt „Anteile pro Million“).  $1\text{ppm} = 1 \cdot 10^{-6}$   
**ppb: parts per billion** (wörtlich übersetzt „Anteile pro Milliarde“).  $1\text{ppb} = 1 \cdot 10^{-9}$





# N<sub>2</sub>O-Mischungsverhältnis



WMO, 2019

**ppm: parts per million** (wörtlich übersetzt „Anteile pro Million“).  $1\text{ ppm} = 1 \cdot 10^{-6}$   
**ppb: parts per billion** (wörtlich übersetzt „Anteile pro Milliarde“).  $1\text{ ppb} = 1 \cdot 10^{-9}$



# CO<sub>2</sub>-Emissionen: Aktuell und Zukunftsszenarien

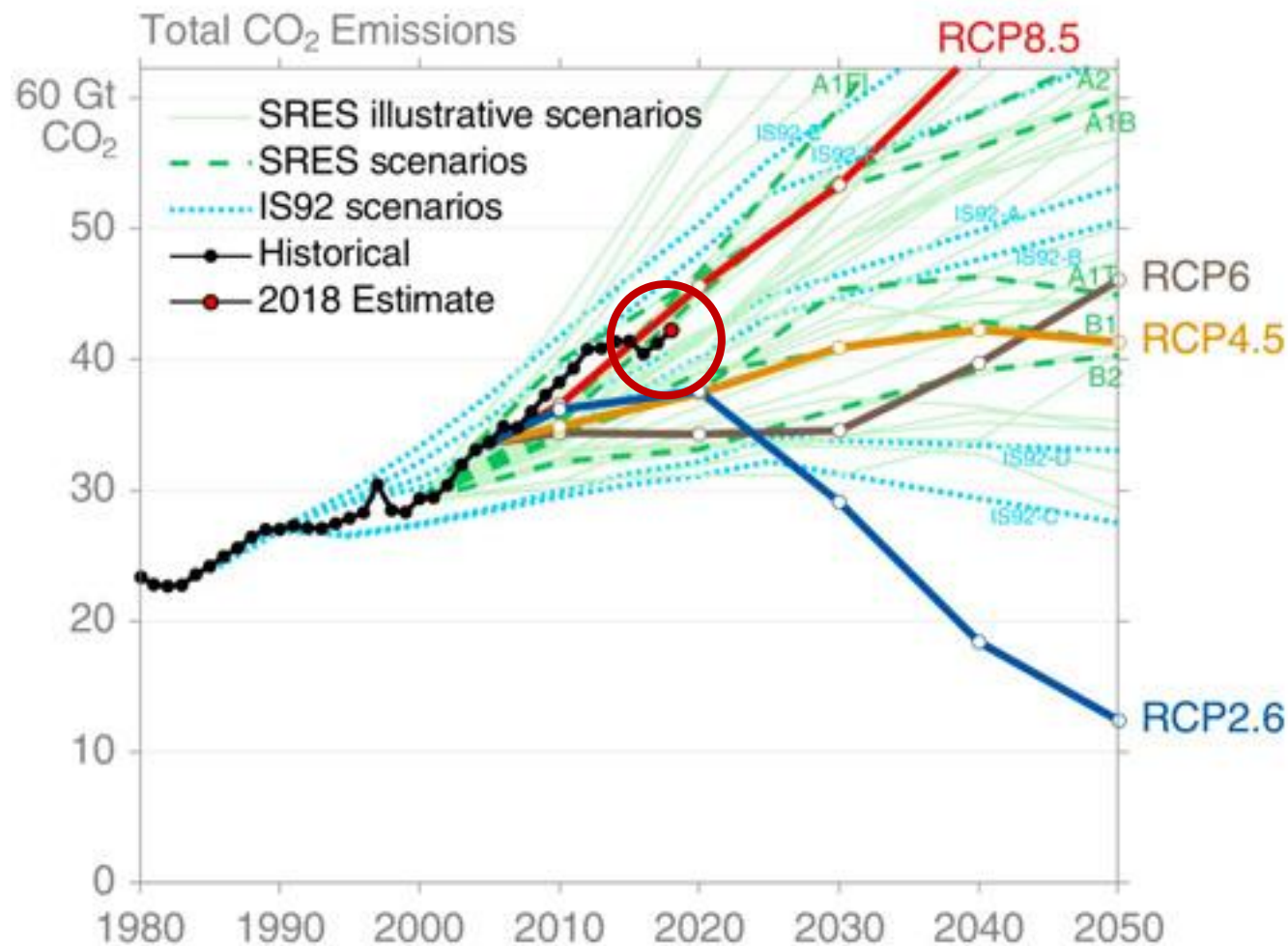
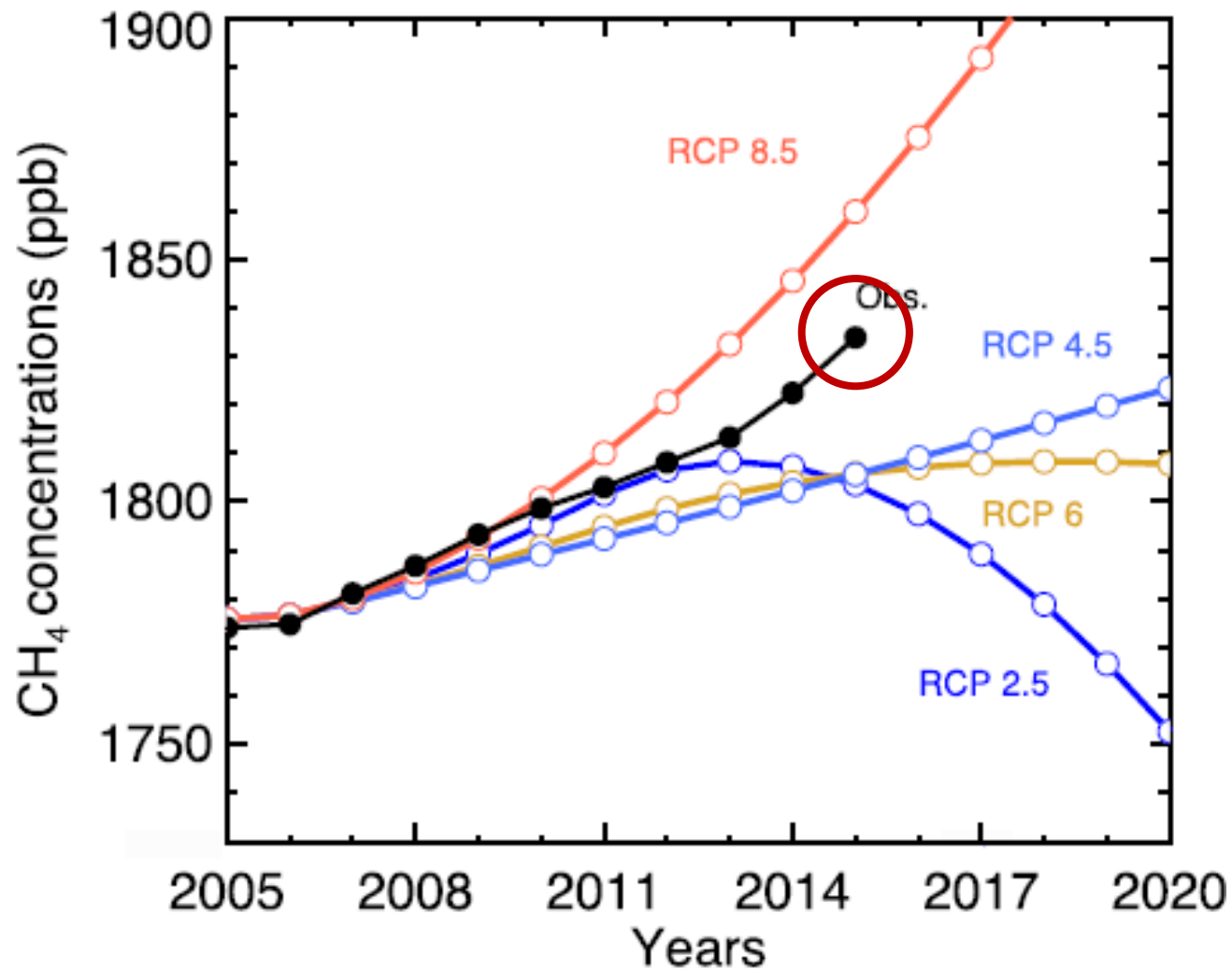


Figure: @robble\_andrew, @Peters\_Glen



# CH<sub>4</sub>-Emissionen: Aktuell und Zukunftsszenarien

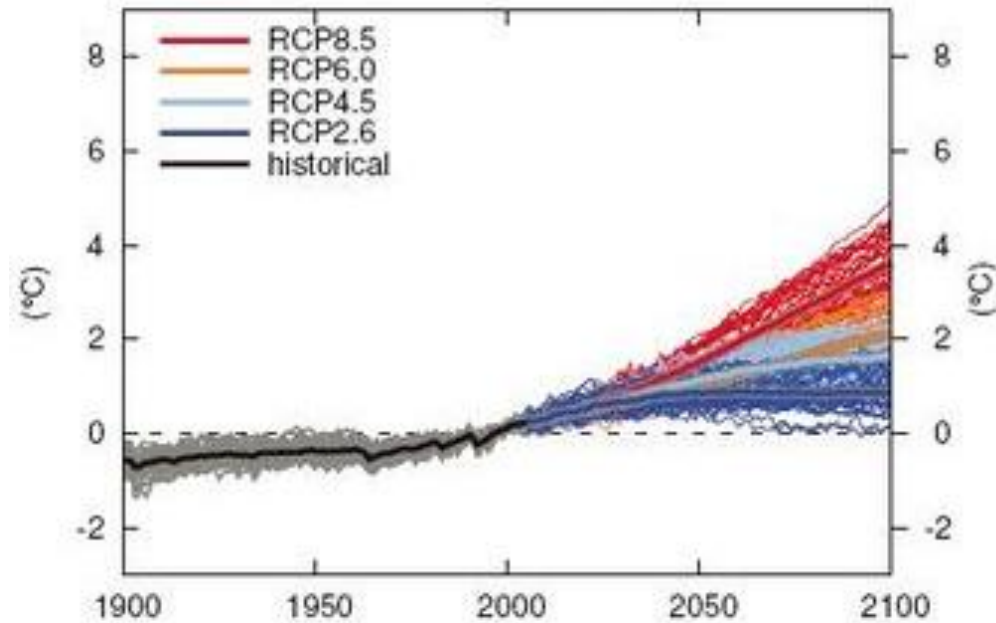


Saunois et al., 2016

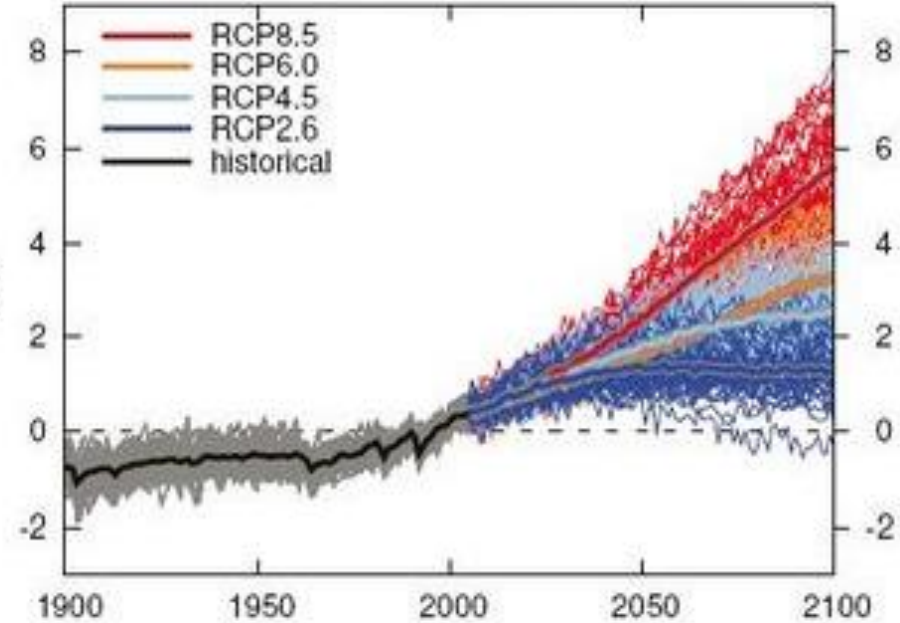


# Entwicklung der Ozean- und Landtemperaturen

Anomalien der mittleren Ozeantemperatur



Anomalien der mittleren Landtemperatur

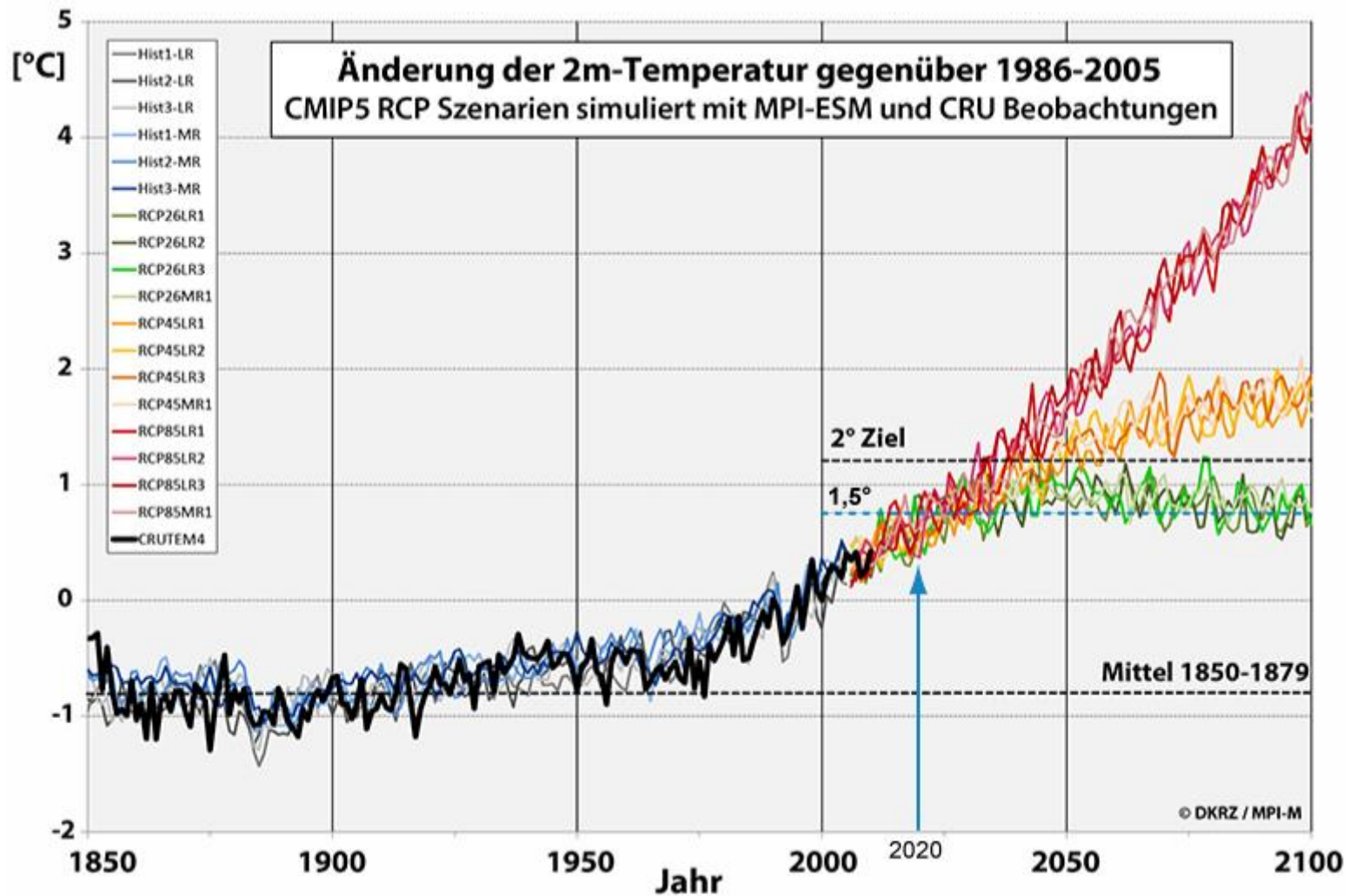


Quelle: IPCC





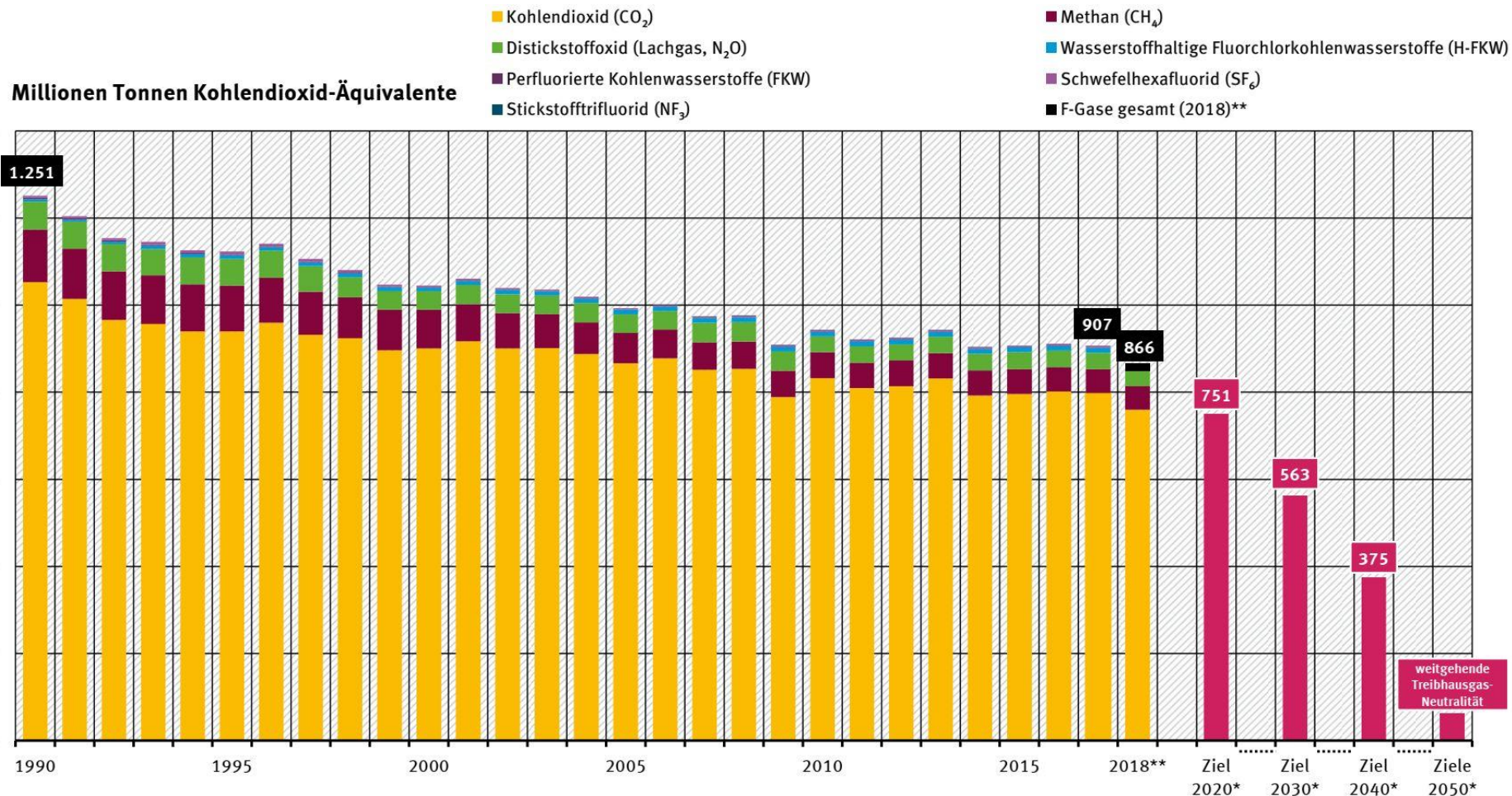
# Entwicklung der bodennahen Schichten



Quelle: DKRZ



# Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Deutschland (nach Sektoren)



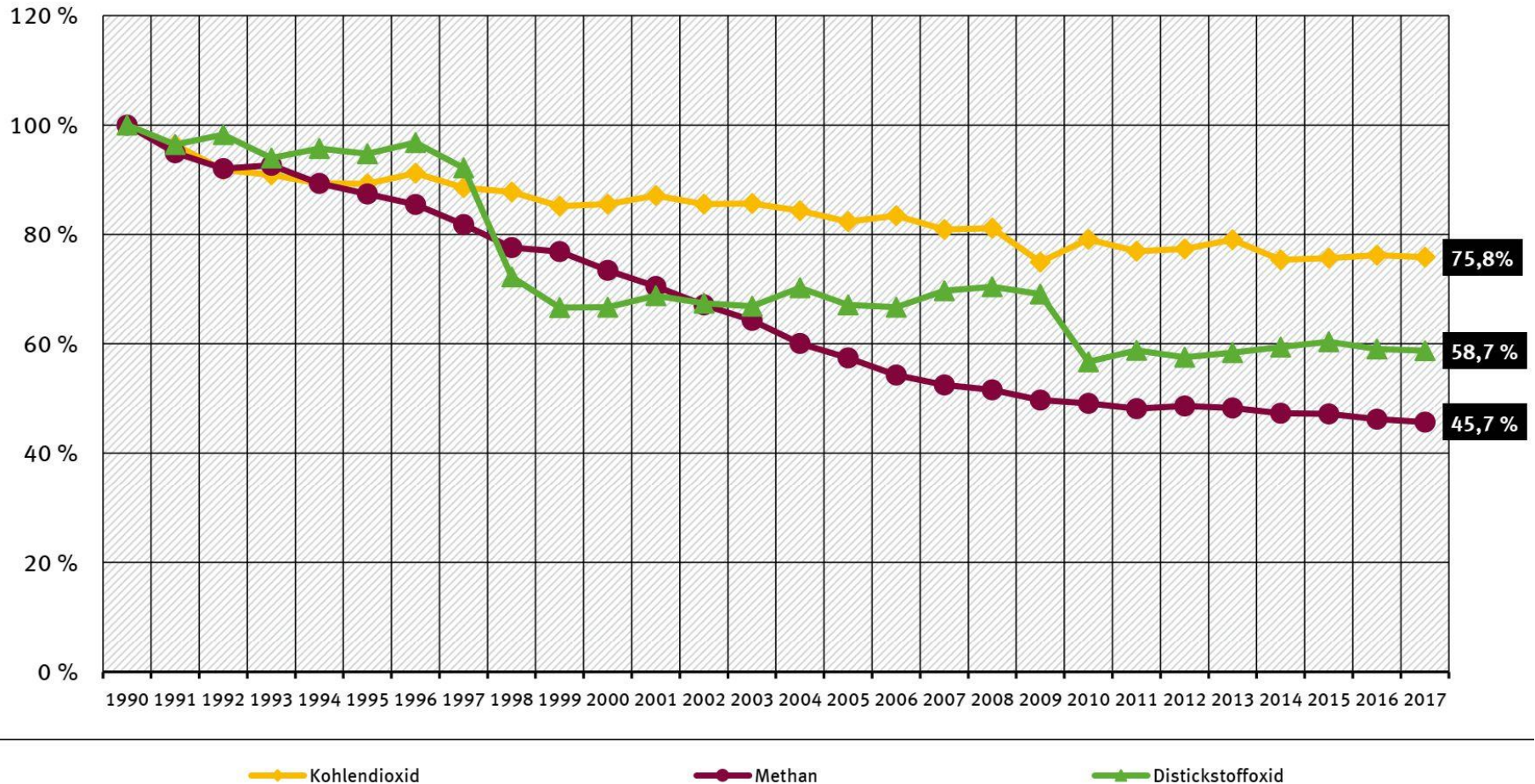
Quelle: Umweltbundesamt





# Trend der Emissionen von Kohlendioxid, Methan und Distickstoffoxid in Deutschland

1990 = 100



Quelle: Umweltbundesamt, Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen seit 1990, Emissionsentwicklung 1990 bis 2017 (Stand 01/2019)



# Die 2°C Grenze

## Warum gerade 2°C?

- Erstmals 1995 bei der Berliner Klimakonferenz offiziell genannt.
- Innerhalb der natürlichen Schwankungen bleiben (1970er Jahre).
- ! **IPCC**: Ab etwa 2,2°C Erwärmung insgesamt, wird insgesamt ein **großer Verlust der biologischen Vielfalt** erwartet, insbesondere die in alpinen Lebensgemeinschaften.



# Die 2°C Grenze

## Ist es zu erreichen? Was muss getan werden?

- ! Paris (2015) COP21: Der weltweite Scheitelpunkt der Treibhausgasemissionen soll so bald wie möglich erreicht werden. Zur Erreichung der Ziele legen die Staaten ihre nationalen Klimaschutzbeiträge selbst fest. Um die Erfüllung der Ziele sicherzustellen, findet alle fünf Jahre, beginnend 2018, eine globale Bestandsaufnahme statt.
- ! Ziel für **Deutschland**: Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen um **95%** bezogen auf das Jahr 1990 bis 2050 (klimaneutral).
- ! Aktuell: **Deutschland** etwa **11,3t\* CO<sub>2</sub>** (äquivalent) pro Kopf und Jahr! (Europa: 8,8t\*; USA: ~17t\*; China: 8,5t\*; Welt: ~7t\*)

(\*: Werte für 2017; Statistisches Amt der EU)





# Die 2°C Grenze

Ist es zu erreichen? Was muss getan werden?

- ! Aktuell: **Deutschland** etwa **9t CO<sub>2</sub>** pro Kopf und Jahr.
- ! Aktuell: **Bayern** etwa **6t CO<sub>2</sub>** pro Kopf und Jahr.
- ! Eine globale Erwärmung um max. 2°C bis 2050 erlaubt eine CO<sub>2</sub>-Emission von etwa 3t pro Kopf und Jahr.
- ! Ziel der Bayerischen Staatsregierung: 2t pro Kopf und Jahr in 2050 (Klima-Report Bayern 2015).



# Energiekonzept der Bundesregierung vom 28. Sep. 2010

## **! Senkung der Emissionen von Treibhausgasen in Deutschland:**

- um 40%\* bis zum Jahr 2020 (Ende 2018: 31%\*)
- um 55%\* bis zum Jahr 2030
- um 70%\* bis zum Jahr 2040
- um **80-95%\*** bis zum Jahr **2050**

\*gegenüber dem Niveau vom 1990.

Entspricht den Zielen des Europäischen Rates von Oktober 2009 (Reduzierung seitens der Industrieländer).



# Was kann jeder von uns sofort tun?

- 😊 **Energiesparen!** Wärmedämmung, Heizungspumpe wechseln, Energiesparlampen (LED), Vermeidung von "Stand-by", Haushaltsgeräte auf Verbrauch prüfen.



# Was kann jeder von uns sofort tun?

😊 **Energiesparen!**

😊 Nicht jeder Urlaub muss eine Flugreise sein.

Beispiele (CO<sub>2</sub>-Emission, Hin- und Rückflug, pro Kopf):

➤ München - London: 432\* kg CO<sub>2</sub>

➤ München - New York: 3239\* kg CO<sub>2</sub>

➤ München - Los Angeles: 4959\* kg CO<sub>2</sub>

➤ München - Sydney: 9568\* kg CO<sub>2</sub>

😊 Auf Schiffsreisen verzichten!

➤ etwa 2000 kg CO<sub>2</sub> bei einer 10-tägigen Reise

\*Quelle: Atmosfair





# Was kann jeder von uns sofort tun?

- 😊 **Energiesparen!**
- 😊 Auf Flug- und Schiffsreisen verzichten.
- 😊 Wahl des Autos nach Verbrauch.

Beispiele (für Neuwagen, bei 15.000 km im Jahr):

- ⇒ Aktueller Durchschnitt in D: 6,5l/100 km = 160 g CO<sub>2</sub>/km:  
**2400 kg CO<sub>2</sub>**
- ⇒ EU-Grenzwert ab 2020: 3,9l/100 km = 95 g CO<sub>2</sub>/km:  
**1425 kg CO<sub>2</sub>**
- ⇒ Alternative Bahn: **780 kg CO<sub>2</sub> für 15.000 km**  
(Fernreisen; pro Person!)



# Was kann jeder von uns sofort tun?

- 😊 **Energiesparen!**
- 😊 Auf Flug- und Schiffsreisen verzichten.
- 😊 Wahl des Autos nach Verbrauch.
- 😊 Weniger Autofahren. Fahrrad für Kurzstrecken.  
Öffentlichen Nahverkehr nutzen.

## Beispiel:

- Fahrrad: 0 g CO<sub>2</sub>/km
- E-Bike: 5 g CO<sub>2</sub>/km (heutiger Strommix)
- Elektro-Auto: 90 g CO<sub>2</sub>/km (heutiger Strommix)



# Was kann jeder von uns sofort tun?

- ☺ **Energiesparen!**
- ☺ Auf Flug- und Schiffsreisen verzichten.
- ☺ Wahl des Autos nach Verbrauch.
- ☺ Weniger Autofahren. Fahrrad für Kurzstrecken.  
Öffentlichen Nahverkehr nutzen.
- ☺ Raumtemperatur um 1°C senken spart etwa 6% Energie.



# Was kann jeder von uns sofort tun?

- 😊 **Energiesparen!**
- 😊 Auf Flug- und Schiffsreisen verzichten.
- 😊 Wahl des Autos nach Verbrauch.
- 😊 Weniger Autofahren. Fahrrad für Kurzstrecken. Öffentlichen Nahverkehr nutzen.
- 😊 Raumtemperatur um 1°C senken spart etwa 6% Energie.
- 😊 **Klimaschutz - auch eine Frage der Ernährung und Kleidung!** Darauf achten, woher die Ware kommt. Z.B. der Saison entsprechend einkaufen.





# Was ist zu tun?

## ! Landschaftsschutz ist Klimaschutz!

**IPCC:** "22% des Klimawandels sind durch Landnutzungsänderungen verursacht."

➡ Flächenverbrauch minimieren! Täglich werden allein in Bayern etwa 11,7 ha\* der Natur entzogen.

[\* 2017 (Bay. Staatsministerium f. Umwelt und Verbraucherschutz) ]

➡ Renaturierungsmaßnahmen fördern, heimische Pflanzen verwenden. Artenvielfalt erhalten!

➡ Bio-Landwirtschaft unterstützen!

- Ökolandbau benötigt im Schnitt ein Drittel weniger Energie für die gleiche Menge Nahrungsmittel als die konventionelle Landwirtschaft. (Wir essen etwa 500 kg/Jahr/Kopf = etwa 2t CO<sub>2</sub>/Jahr/Kopf durch Produktion, **Transport**, **Lagerung**, Zubereitung)
- Ökofelder sind humusreicher und binden zusätzlich CO<sub>2</sub>. Verzicht auf Kunstdünger reduziert N<sub>2</sub>O Emissionen.



# Was ist zu tun?

Die **goldenen Regeln** befolgen (Dreiklang):

- ↪ **Vermeiden!**
- ↪ **Vermindern!**
- ↪ **Kompensieren!**



***" Sei du selbst die Veränderung,  
die du in der Welt sehen willst."***

*Mohandas Karamchand Gandhi, genannt Mahatma Gandhi (1869-1948)*

